

**В.А. НАСТОЯЩИЙ, А.А. ТАРАСЕНКО**, кандидаты техн. наук,  
**С.А. ДЖИРМА**

## **К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ПРОЦЕССА УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЯ РЕЗИНОВЫХ ФУТЕРОВОЧНЫХ ПЛИТ С ВОЗДУШНЫМИ ПОЛОСТЯМИ**

Розглянутий механізм ударного навантаження гумових робочих поверхонь з повітряними порожнинами у своїй конструкції.

**Ключові слова:** гумова футерівка, повітряна порожнина, ударне навантаження.

Рассмотрен механизм ударного нагружения резиновых рабочих поверхностей с воздушными полостями в своей конструкции.

**Ключевые слова:** резиновая футеровка, воздушная полость, ударное нагружение.

Применение резиновых футеровок стало важным направлением совершенствования технологического и транспортного оборудования в горнорудной и строительной промышленности.

Увеличение производительности технологического оборудования привело к возрастанию ударных нагрузок, которые нередко превосходят пределы прочности резины и вызывают интенсивное разрушение футеровочных плит.

На основании анализа причин разрушения традиционных резиновых футеровок ударными нагрузками падающих шаров предложено повысить энергию удара мелющих тел, воспринимаемых резиновыми футеровками без повреждений при сохранении геометрических размеров, путем ввода в конструкцию футеровочных элементов, заполненных воздухом герметических полостей [1].

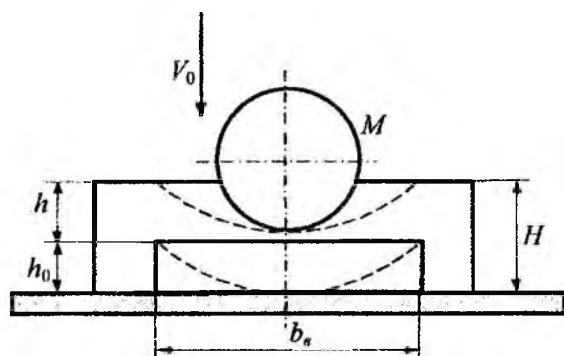
Закономерности процесса взаимодействия резиновых футеровок специальной конструкции с мелющими телами исследованы в работе [2]. Установлено, что эффективное снижение энергии ударов, передаваемой через футеровку, и повышение энергии мелющих тел, воспринимаемые футеровочными плитами без повреждений, возможно при сочетании конструктивных факторов футеровочной плиты, которые обеспечивают прогиб слоя резины над воздушной полостью не более 0,8 высоты полости.

Это условие, однако, не всегда выполнимо, так как ведет к усложнению конструкции и увеличению толщины резиновых футеровочных элементов, что ограничивает их срок службы.

Цель данной работы - исследование закономерностей процесса ударного нагружения футеровок с воздушной полостью, высота которой допускает смещение слоя резины до контакта с защищаемой поверхностью, т.е. для случаев, когда величина прогиба равна или превышает высоту воздушной полости.

Для аналитического исследования резиновых футеровок специальной конструкции с падающими телами составлена расчетная схема (рисунок).

При решении задачи рассматривается удар жесткого тела сферической формы по упругой пластине. Введены следующие обозначения:  $M$  - масса шара;  $V_0$  - скорость падения тела;  $a_e$  и  $b_e$  - длина и ширина воздушной полости;  $h$  - толщина слоя резины над воздушной полостью;  $h_0$  - высота полости;  $\rho_p$  - плотность материала футеровки.



Расчетная схема взаимодействия падающего тела с футеровочной плитой специальной конструкции

Закон сохранения количества движения для мелющего шара массой  $M$  при его контакте с футеровочной плитой согласно [3] запишется

$$M \cdot V_0 = F \cdot t_{y\partial} . \quad (1)$$

По линии действия силы  $F$ , обусловленной кинетической энергией удара падающего тела, слой резины высотой  $(H - h_0) = h$ , шириной  $b_e$  и длиной  $a_e$  получит ускорение и будет смещаться до контакта с защищаемой поверхностью рисунка.

Ускорение определится из второго закона Ньютона:

$$a = \frac{\alpha \cdot F}{\rho_p \cdot a_e \cdot b_e \cdot h} , \quad (2)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий сопротивление смещению слоя резины на контактах воздушной полости.

Величину смещения свободной поверхности до ее смыкания с корпусом барабана опишем формулой:

$$h_0 = \frac{a \cdot t_n^2}{2} , \quad (3)$$

где  $t_n$  - время закрытия («схлопывания») воздушной полости.

Подставляя значение ускорения (2) в (3), получаем

$$h_0 = \frac{\alpha \cdot F \cdot t_n^2}{2 \cdot \rho_p \cdot a_s \cdot b_s \cdot h} , \quad (4)$$

откуда найдем время закрытия воздушной полости

$$t_n = \sqrt{\frac{2 \rho_p \cdot a_s \cdot b_s \cdot h_0 \cdot h}{\alpha \cdot F}} . \quad (5)$$

В качестве механизма для определения времени соударения металлического шара с резиновой футеровочной плитой традиционной конструкции применена волновая теория удара [4], согласно которой

$$t_{y0} = \frac{2 \cdot l_2}{a_2} , \quad (6)$$

где  $l_2$  – толщина резиновой футеровочной плиты;  $a_2$  – скорость распространения продольной волны в резине.

Продолжительность соударения металлического шара с резиновой футеровочной плитой специальной конструкции с учетом (6) составит:

$$t_{y0} = t_n + \frac{2 \cdot l_2}{a_2} . \quad (7)$$

Подставив (7) в закон сохранения количества движения (1), получим

$$M \cdot V_0 = F \cdot \left( t_n + \frac{2 \cdot l_2}{a_2} \right) . \quad (8)$$

Поскольку  $M V_0$  (импульс тела) – величина постоянная, то из выражения (8) следует, что с увеличением времени удара на величину  $t_n$  соответственно уменьшается сила  $F$ , а значит снижаются напряжения в материале футеровки, вызванные ударной нагрузкой, что снижает вероятность повреждения футеровочных плит.

Контактная сила  $F$ , возникающая при соударении металлического шара с резиновой футеровочной плитой традиционной конструкции, согласно [3], определится

$$F = \frac{M \cdot V_0}{t_{y0}} . \quad (9)$$

Контактная сила  $F$ , возникающая при соударении металлического шара с резиновой футеровочной плитой специальной конструкции с учетом (7) и (9), определится выражением

$$F_n = \frac{M \cdot V_0}{t_{y\partial}} = \frac{M \cdot V_0}{t_n + \frac{2 \cdot H}{a_p}} \quad (10)$$

Зная конкретные параметры удара, не представляет труда определить, на сколько снижаются ударные усилия при использовании воздушных полостей.

Как пример исследуем влияние высоты воздушной полости  $h_0$  на контактные нагрузки и деформации, возникающие при соударении шаров с футеровками специальной конструкции в мельнице МШЦ 4500×6000, барабан которой на 40% объема заполнен мелющими шарами  $d = 100$  мм.

Геометрические параметры футеровочных элементов:

длина  $a_{\Pi} = 0,5$  м; ширина  $b_{\Pi} = 0,47$  м; максимальная высота  $H = 0,14$  м.

Размеры воздушной полости:

длина  $a_g = 0,44$  м; ширина  $b_g = 0,41$  м; высота  $h_0 = 0,005 \dots 0,025$  м.

Данные расчета сводим в таблицу.

Таблица

Высота воздушной полости $h_0$ , мм	5	10	15	20	25
Высота слоя резины $h$ , мм	135	130	125	120	115
Время закрытия полости $t_n \times 10^{-4}$ , с	1,27	1,77	2,12	2,4	2,63
Время удара $t_{y\partial} \times 10^{-4}$ , с	4,07	4,57	4,92	5,2	5,43
Контактная сила $F$ , Н	51429	51429	51429	51429	51429
Контактная сила $F_n$ , Н	35381	31509	29268	27692	26519
Во сколько раз $F > F_n$	1,45	1,63	1,76	1,85	1,94

Воздушная полость высотой от 5 до 25 мм снижает контактные нагрузки в 1,45...2 раза по сравнению с традиционной футеровкой, даже при наличии контакта слоя резины с защищаемой поверхностью.

Данные исследования позволяют определять параметры резиновых футеровочных плит специальной конструкции и полнее использовать полученный эффект от введения в конструкцию резиновой плиты воздушных полостей.

#### Список литературы

1. Защитные футеровки и покрытия горно-обогатительного оборудования / А.А. Тарасенко, Е.Ф. Чижик, А.А. Взоров, В.А. Настоящий. - М.: Недра, 1985. - 204 с.

2. Настоящий В.А. Выбор параметров и разработка конструкции резиновых футеровок больших рудоразмольных мельниц: Автореф. дис. ...канд. техн. наук Днепропетровск, 1986. - 18 с.

3. Настоящий В.А., Джирма С.А., Тарасенко А.А. О применении волновой теории удара при расчете резиновых футеровочных элементов // XXI столетие – проблемы и перспективы освоения месторождений полезных ископаемых: Сб. науч. тр. НГА Украины. Днепропетровск. - 1998. - №3, т. 6. - С. 21-24.

4. Александров Е.В., Соколинский Б.В. Прикладная теория и расчеты ударных систем. - М.: Наука, 1969. - 202 с.

*Надійшла до редколегії 17.06.2017*

УДК 622.732:51.001.5

**В.П. НАДУТЫЙ**, д-р техн. наук,

**А.М. ЭРПЕРТ**, канд. техн. наук

## **РАЗРАБОТКА КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ДВУХСТАДИАЛЬНОГО ЦИКЛА ДРОБЛЕНИЯ И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЕГО ПАРАМЕТРОВ**

Запропоновано для ідентифікації математичних моделей основних технологічних машин циклів дроблення розробити їх кібернетичні моделі та алгоритм розрахунку параметрів циклу.

**Ключові слова:** кібернетична модель, дробарка.

Рекомендовано для идентификации математических моделей основных технологических машин циклов дробления разработать их кибернетические модели и алгоритм расчета параметров цикла.

**Ключевые слова:** кибернетическая модель, дробарка.

Эффективность работы циклов дробления зависит от целого ряда параметров основного оборудования - дробилок и грохотов. Как было отмечено ранее [1,2], к таким параметрам, в первую очередь, относятся: размер щели дробилки  $\delta$  и технологическая нагрузка  $G_1$ , удельная нагрузка на грохот  $g$ , частота колебаний грохота  $\omega$ , угол наклона  $\alpha$ , длина просеивающей поверхности  $l$  и размер ячейки  $\delta_r$  сита грохота. При заданной нагрузке на цикл часть этих параметров (удельная нагрузка на грохот, длина просеивающей поверхности грохота) является постоянной. Другие параметры ( $G_1$ ,  $\omega$ ,  $\alpha$  и  $\delta_r$ ) могут варьироваться в определенных пределах, поэтому они названы управляющими. Вариация управляющих параметров приводит к изменению качества готового продукта, эффективности грохочения  $E$ , закругления  $\varepsilon$ , замельченности  $\varepsilon$  продуктов грохочения. При этом в решаемой задаче на показатель закругления накладывается ограничение, исходя из требований технических условий к качеству дробленой горной массы. Изменение граничных условий каждого из управляющих параметров про-